Planeamento e monitorização interactivos do sistema de iluminação num edifício

Alcínia Zita Sampaio Miguel Ferreira Daniel Rosário
Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Instituto Superior Técnico, ICIST
Av. Rovisco Pais, 1000 Lisboa
zita@civil.ist.utl.pt, m_mferreira@hotmail.com, derosario@gmail.com

Resumo
O modelo interactivo implementado insere-se no projecto de investigação em curso, na área de gestão e manutenção de edifícios. Por recurso ao modelo 4D, definido em ambiente virtual, são visualizadas as características das componentes do edifício susceptíveis de desgaste/rotura durante o ciclo de vida do edifício. Numa fase inicial do desenvolvimento do projecto, foi estabelecida a interligação entre o modelo 3D, de um caso de estudo, e os elementos de iluminação inseridos no edifício. A informação relativa ao tempo de vida útil de lâmpadas, previsão de substituição e gestão de armazenamento é interactivamente visualizada por recurso ao modelo virtual concebido. A aplicação constitui uma ferramenta útil na amostragem de características dos elementos identificados no modelo 3D, na promoção de alertas de inspecção e na gestão de elementos em armazém necessários na monitorização e gestão de um edifício.

Palavras-chave
Realidade virtual, Modelos 4D; Manutenção de Edifícios; Sistema de Iluminação

1. INTRODUÇÃO

Na área da Engenharia e nomeadamente no domínio mais específico da Construção é reconhecida a importância da visualização através de modelos 3D como um modo de melhorar a comunicação entre projectistas e clientes. Verificando-se que há, actualmente, uma maior participação e interesse do cliente no acompanhamento do desenvolvimento do projecto, o modelo 3D constitui pois uma ferramenta emergente de entendimento eficaz.

Na concepção do projecto de construção o factor tempo está relacionado com a evolução física da obra. Os modelos 3D criados para a monitorização da obra, originados a partir do projecto de construção, constituem um potente modo de comunicação entre a Arquitectura e as diferentes especialidades em Engenharia, empreiteiros, subempreiteiros e donos de obra [Leinoneon03]. Nesta área, recorre-se já com alguma frequência a modelos 4D. São modelos que associam o modelo 3D ao parâmetro tempo. O seguimento da evolução física, numa série de etapas construtivas relacionadas com o planeamento previsto da obra, eventualmente condicionada à observação directa no local de trabalho, admite uma interligação entre os sistemas informáticos de modelação e do planeamento da construção [Stanford06]. Assim, os modelos 4D criados apresentam o planeamento dos trabalhos e os modelos 3D correspondentes às diversas fases construtivas, sendo a sua cronologia definida com base nos diagramas representativos do planeamento da construção [Fischer03].

A tecnologia de Realidade Virtual (RV) é uma ferramenta de apoio, emergente neste contexto, usado na amostragem dos modelos 4D. É utilizado como um meio de interacção com os modelos, regulador do avanço e do retrocesso do modelo de acordo com o planeamento construtivos definido e como o modo de observação dinâmica inerente a uma imersão fictícia do observador no cenário virtual do local de construção ou do imóvel construído [Bouchlaghhem00].

A literatura referente ao acompanhamento de projectos de manutenção com base em modelos 4D é ainda muito incipiente. Rad e Khosrowshahi destacam os benefícios da visualização em modelos 4D através de um caso de estudo focado na iluminação, revestimento de pavimentos e pinturas [Rad97]. Analisam sob um ponto vista estatístico a deterioração de pavimentos [Khosrowshahi01] e estudam o tempo de duração de diferentes tipos de lâmpadas sob a acção de factores ambientais, recorrendo à visualização 4D na apresentação de resultados [Khosrowshahi98].

2. O PROJECTO DE INVESTIGAÇÃO

O objectivo principal do projecto de investigação em curso, PTDC/ECM/67748/2006 (ICIST/FCT, 2008-2010), *Tecnologia de Realidade Virtual aplicada como ferramenta de apoio no planeamento da manutenção de construções* [Sampaio08], é recorrer ao modelo 4D, com a visualização em ambiente virtual, da informação relevante das características do edifício relacionada com o

estado de desgaste dos materiais empregues e com a análise de processos de manutenção associados. O modelo irá promover a amostragem, interactiva em ambiente virtual, da necessidade de intervenção de operações de reparação, de substituição ou de inspecção de elementos de edifícios alvo de análise de acordo com os planos de manutenção e conservação aplicáveis. O âmbito deste estudo é ainda contribuir para uma melhoria da comunicação entre os intervenientes no projecto de manutenção promovendo, através de modelos 3D variando com o tempo, uma perspectiva do estado, forma e local de componentes num edifício em uso. O modelo constitui um forte meio de apoio à colaboração entre os colaboradores no processo de manutenção.

Numa fase inicial de execução do projecto, procedeu-se à criação de um protótipo que possibilitasse a apresentação, em tempo real, da informação relativa a um tipo de componente de um edifício, nomeadamente:

- A caracterização do elemento (tipo, localização no edifício, data de início de funcionamento, propriedades estatísticas de uso/desgaste, …);
- Análise de recomendação de inspecção/substituição resultante da confrontação da data actual com a data inicial de colocação/instalação do elemento em obra, data de inspecção planeada ou período de vida útil.

Foi estabelecida a operacionalidade de um modelo 4D virtual, tendo sido testado um tipo de elemento, os dispositivos de iluminação. Nesse processo foram estudadas:

- Técnicas de modelação tridimensional e virtual;
- Programação referente à constituição e gestão de bases de dados de características de elementos;
- Modos de interligação entre o sistema virtual e a base de dados;
- Comportamentos de interactividade com o modelo virtual de forma a permitir a visualização dos dados pretendidos.

3. CASO DE ESTUDO

3.1 Modelação geométrica

O caso de estudo de implementação do modelo 4D, no âmbito da manutenção, refere-se a uma habitação, pertencente a uma complexo de edifícios, composto por um conjunto de 4 duplexes. Com base na documentação gráfica do projecto de Arquitectura constituída por peças desenhadas: plantas, alçados e cortes, da zona do edifício destacada, foi criado um modelo 3D. Em termos volumétricos o modelo é constituído essencialmente por pavimentos, paredes, escadas e coberturas. Os componentes referentes a janelas, porta e guardas de varanda e escadas foram igualmente alvo de modelação nesta primeira fase (figura 1).

A definição de um maior detalhe dos modelos 3D requer um estudo prévio de planos de manutenção e de elementos num edifício que sejam sujeitos a manutenção periódica.
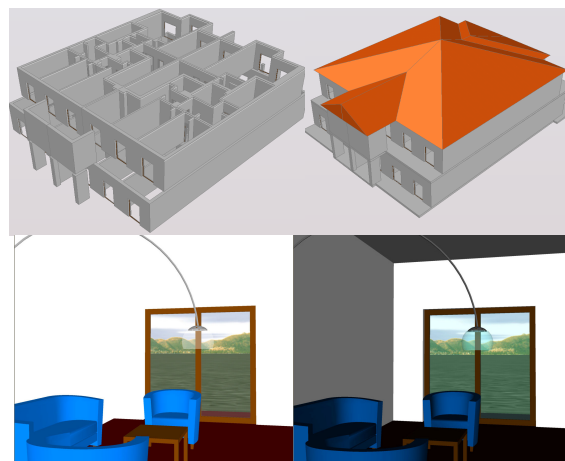
Figura 1: Modelo 3D do edifico e elemento de iluminação.

Por cada tipo de componente de edifício que se pretenda incorporar no modelo virtual de manutenção, devem ser criados previamente os correspondentes modelos 3D num sistema de modelação. Adicionalmente, a base de dados do modelo virtual deve ser acrescentada com as características referentes ao novo tipo de elemento. O protótipo virtual, criado até esta fase, contém apenas os elementos de iluminação e os dados característicos associados. A figura 1 apresenta um dispositivo de iluminação modelado.

3.2 Sistema de realidade virtual EON

De seguida procedeu-se à transposição do modelo 3D para o sistema de realidade virtual *Eon Studio* [EON08] utilizando um formato de ficheiros de desenho compatível entre os dois sistemas, o formato *3Dstudio*. A figura 2 apresenta a janela de simulação (*Simulation tree*) do *Eon* relativa ao modelo, organizada por elementos manipuláveis de forma independente, correspondentes às distintas *Layers*, definidas no sistema *AutoCAD*.
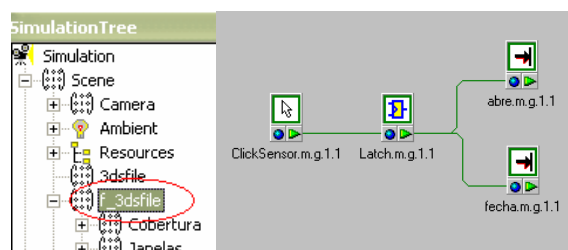
Figura 2: Janelas de simulação, de nós e de rede de ligações.

O modelo geométrico foi dotado, no sistema virtual, de algumas propriedades realistas:

- Movimentos de translação em janelas e de rotação em portas;
- Capacidade de colisão inibindo a transposição de portas fechadas e de paredes;
- Acção de acender e apagar as luzes;
- Inserção de ambiente externo (uma paisagem).

As acções de interacção são definidas por associação de nós aos elementos da árvore de simulação e o modo de interligar estes nós é realizado na janela *Route: Simulation* (figura 2).

3.3 Identificação de dispositivos de iluminação no modelo virtual

O protótipo desenvolvido foi testado para aos dispositivos de iluminação. Foram criados os modelos 3D de alguns tipos de iluminação e constituída uma base de dados com as especificações técnicas de algumas lâmpadas comerciais. Os novos elementos foram inseridos no modelo 3D e procedeu-se à sua identificação como componentes do edifício que vão ser alvo de monitorização para fins de manutenção.

A associação dos objectos do modelo à informação disponível na base de dados criada para este tipo de elemento é efectuada através dos seguintes passos:

- Escolher no modelo virtual um dispositivo de iluminação e seleccionar o tipo de elemento para classificação (iluminação, paredes, janelas, portas ou outros, figura 3);
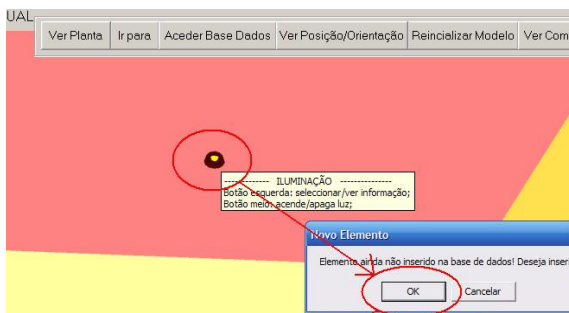
Figura 3: Identificação de novo elemento no modelo virtual.

- Indicar qual o tipo de lâmpada pretendido recorrendo à base de dados criada (figura 4). A informação associada a cada lâmpada é formada por uma imagem e pelas características técnica (identificação comercial, voltagem, potência, duração média, …);
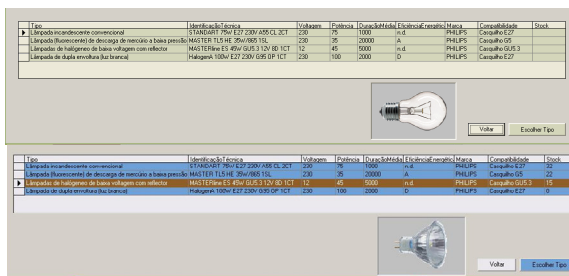
Figura 4: Selecção de tipo de lâmpada através de uma base de dados.

- Identificar o local no edifício onde o elemento está instalado (sala, cozinha, …) e indicar a data de instalação e o número médio de horas de funcionamento previsto (utilização baixa, média ou elevada, figura 5).
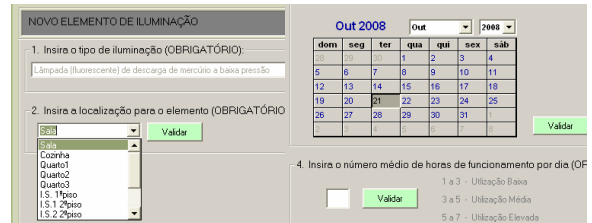
Figura 5: Localização e indicação de data de instalação.

Seguido este procedimento, fica estabelecido o relacionamento entre a lâmpada (com a identificação atribuída automaticamente, *cand1*) e a base de dados própria deste modelo virtual. Uma vez identificado o elemento, a correspondente informação pode ser visualizada:

- *Através do modelo virtual.* O elemento é seleccionado no modelo 3D e é disponibilizada a informação técnica associada (como se ilustra na imagem da figura 6);
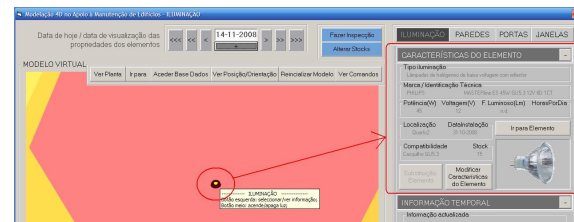
Figura 6: Elemento identificado no modelo virtual

- *Através do motor de pesquisa.* Seleccionar um parâmetro (localização, compatibilidades, …) e é apresentada uma lista dos elementos (previamente identificados na base de dados individual do modelo virtual) que correspondem à especificação indicada. A figura 7 ilustra a selecção efectuada por marca comercial, sendo listado o único elemento identificado, cand1, localizado na sala. As suas características são observadas ao ser pulsado o botão *Ver Características* incluído na interface.
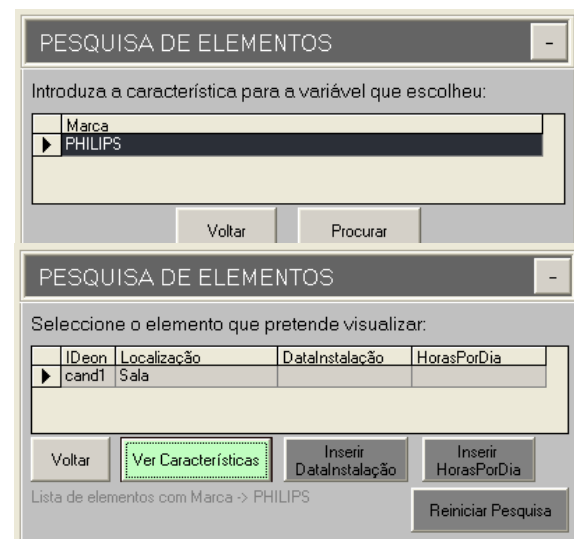
Figura 7: Pesquisa por marca comercial.

3.4 Monitorização para controlo de manutenção

A base de dados contém a informação necessária para uma interacção com o modelo de forma a promover a pesquisa de relacionamento de tempos (inicial de instalação, período de vida útil média e a data de observação do modelo virtual). O resultado da pesquisa e as alterações que sejam necessárias realizar são permitidas através da interface relativa às características do elemento seleccionado (*Características do elemento*, figura 8):

Figura 8: Interface de informação de dados.

- Uma vez que este tipo de elemento tem um ciclo de vida discreto, em termos de manutenção, deverá ser substituída quando houver quebra de funcionamento (*Substituição Elemento*). Essa verificação poderá ser pontual (verificar se à data da pesquisa no modelo virtual a lâmpada no local real está operacional) ou por visitas regulares (cujo período deve ser estabelecido e incorporado no modelo virtual de modo a alertar da necessidade de inspecção ao local, figura 9);

Figura 9: Data de inspecção periódica e relatório.

- A base de dados do edifício, referente aos elementos de iluminação, contém o número de elementos em armazém definido por tipo de lâmpada. A figura 10 ilustra a inserção do valor estabelecido para dado tipo de lâmpada, este valor é posteriormente actualizado automaticamente após cada substituição;

Figura 10: Inserção de número de elementos em armazém.

- A base de dados de cada tipo de lâmpada contém o número de elementos que se pretenda disponibilizar em armazém (gestão de consumíveis). Por cada substituição o número de lâmpadas deve ser actualizada (stock, figura 11) assim como a data de instalação (*Inserir Data Instalação*);

Figura 11: Número de elementos em armazém.

- A substituição é controlada não só em termos de *stock* mas também em termos da compatibilidade de tipos de lâmpada. A figura 12 identifica um problema de incompatibilidade sendo visualizada uma mensagem de alerta;

Figura 12: Processo de substituição de elemento e indicação de elemento incompatível.

- A informação comparativa de datas de inspecção/instalação/substituição e a duração média prevista, é controlada (e visualizada, figura 13) através do botão *Informação Temporal*;

Figura 13: Informação relativa ao elemento seleccionado.

- A informação relativa a diferentes dados temporais e de tipo de lâmpada podem ser modificados. O ajuste ou a sua actualização é efectuada através da interface correspondente a *Modificar características do elemento* (figura 14).;
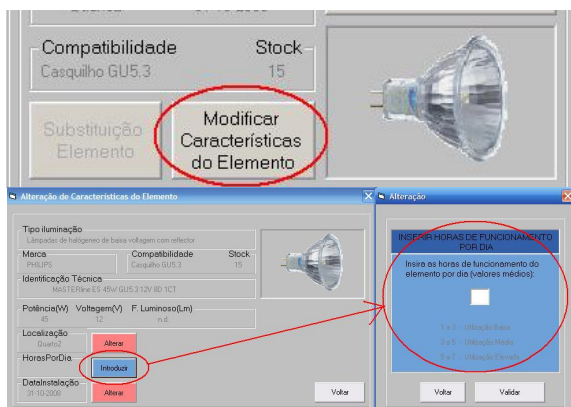
Figura 14: Ajuste ou actualização de informação técnica.

- O modelo virtual permite ainda aceder a toda a informação (por tipo de elemento) contida na base de dados através do botão *Aceder Base de Dados* (na barra apresentada sobre a área de visualização, figura 15).
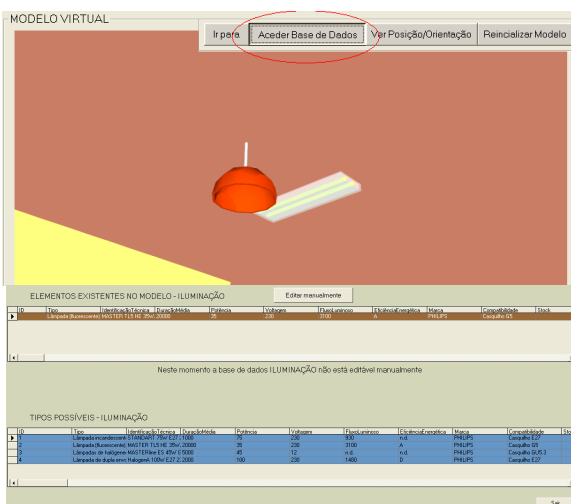
Figura 15: Acesso à base de dados dos elementos de edifício.

3.5 Orientação apoiada no interior do modelo

Como apoio à movimentação do utilizador pelo interior do edifício foi incluída uma imagem, uma perspectiva vista de cima, contendo um elemento móvel (apontador) representativo da posição e direcção de visualização do utilizador (figura 16). Como o imóvel contém dois pisos foram definidas duas perspectivas. O apontador move-se esquematicamente no interior de cada uma dessas projecção enquanto que na janela de visualização é observado o resultado do correspondente posicionamento.

Figura 16: Apoio à orientação no interior do modelo.

4. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS E CONCLUSÕES

A futura ampliação deste protótipo deve basear-se na:

- Sistematização de conceitos de planeamento de manutenção;
- Constituição de bases de dados mais abrangente das componentes de um edifício e suas características de desgaste/rotura;
- Análise da metodologia a adoptar para a obtenção de um sistema virtual independente de casos de estudo.

Deste modo, promove-se a aplicação do sistema de informação a qualquer modelo 3D de edifícios. Para cada situação concreta a monitorizar, o modelo virtual deverá permitir efectuar o acompanhamento do dia-a-dia da manutenção, de forma a constituir uma ferramenta de apoio à actuação. Através do modelo interactivo poderá ser recolhida e consultada a informação relevante para a manutenção dos elementos modelados para a situação real. Adicionalmente, o estabelecimento de uma aplicação apropriada à gestão de edifícios possibilita a constituição gradual de uma potente base de dados de informação que possa servir de suporte a uma optimização crescente do sistema.

O exemplo apresentado refere-se apenas a um tipo de elemento, dispositivos de iluminação, mas verificou-se ser eficiente na amostragem de características dos elementos identificados, na promoção de alertas de inspecção e na gestão de elementos em armazém necessários na monitorização e gestão de um edifício.

A existência de um sistema informático de acompanhamento dos processos, de monitorização, de controlo e de gestão da manutenção assume um carácter de grande oportunidade visto que permitirá ao utilizador decidir quais as acções de operação e manutenção mais adequadas em cada momento.

5. REFERÊNCIAS

[Bouchlaghhem00] Bouchlaghhem, N., Khosrowshahi, F., Whyte, J. Virtual Reality as a Visualisation Tool, Benefits and Constraints. *International Journal of Computer-Integrated Design and Construction*, vol. 2 (4), 2000, 216-224.

[EON08] EON, Introduction to working in EON Studio, *EON Reality, Inc*. 2008.

[Fischer03] Fischer, M., Haymaker, J., Liston, K. Benefits of 3D and 4D models for facility mangers and EAC service providers. *4D CAD and Visualization in*

Construction: Developments and Applications, ed. A. A. Balkema Publishers, Lisse/Abingdon/Exton (pa)/Tokyo, ISBN 90 5809 354 9, 2003.

[Khosrowshahi01] Khosrowshahi, F., Banissi, E. Visualisation of the Degradation of Building Flooring Systems. Information Visualisation, E. Banissi, M. Khosrowshahi, F., Sarfraz M. & Ursyn, A. (Ed.), *IEEE, Computer Society, Los Alamitos, California*, ISBN 0 7695 1195 - 3, 2001, 507-513.

[Khosrowshahi98] Khosrowshahi, F., Rad, H. N. Visualisation of the impact of time on the internal lighting system of buildings, Information Visualisation, E. Banissi, M. Khosrowshahi, F. & Sarfraz, M. (Ed.), *IEEE, Computer Society*, Los Alamitos, California, ISBN 0-8186-8509-3, 1998, 286 - 291.

[Leinoneon03] Leinoneon, J., Kähkönen, K., Hemiö, T., Retik A., Layden, A., New construction management practice based on the Virtual Reality Technology. *4D CAD and Visualization in Construction: Developments and Applications*, ed. A. A. Balkema Publishers, Lisse/Abingdon/Exton (pa)/Tokyo, ISBN 90 5809 354 9, 2003.

[Rad97] Rad, H. N., Khosrowshahi, F. Visualisation of building maintenance through time, *IV'97, IEEE 1st International Conference on Information Visualisation*., 1997, 308 – 314.

[Sampaio08] Sampaio, A. Z., Gomes, A., Costa, A., Tecnologia de Realidade Virtual aplicada como ferramenta de apoio no planeamento da manutenção de construções, *projecto PTDC/ECM/67748/2006*, ICIST/FCT, aplicação 2008-2010.

[Stanford06] 4D research: 4D Examples & Applications, Stanford University.(2006), http://www.stanford.edu/group/4D/examples